

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka Imatra
Paperitekniiikan koulutusohjelma
PAPERI- JA PROSESSITEOLLISUUDEN SUUNNITTELU

Jani Heiskanen

HEATSET-PAINOVÄRIN KUIVATUS

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Heiskanen Jani

Heatset-painoväriin kuivatus, 38 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikka, Paperitekniikan koulutusohjelma

Paperi- ja prosessiteollisuuden suunnittelu

Opinnäytetyö 2010

Ohjaaja: Pasi Rajala, TkT, Saimaan AMK

Tämä opinnäytetyö on osa TEKESin rahoittamaa heatset-paperin kuivatus projektia.

Työssä oli tarkoituksena selvittää heatset-prosessissa käytettävien kostutusveden sekä eri painovärien haihtumislämpötilat. Työ tehtiin Saimaan ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa.

Laitteistona käytettiin laboratorioon rakennettua paperin kuivatuslaitteistoa. Laitteistoon kuului kuumailmapuhallin, vaaka, sekuntikello sekä lämpökamera. Kyseisellä laitteistolla pystytään selvittämään paperissa tapahtuvaa painon- sekä lämpötilan muutosta, joiden avulla selvitetään halutut haihtumislämpötilat.

Työn teoriaosassa perehdyttiin heatset-prosessin asettamiin vaatimuksiin painettavalle paperille, eri heatset-painopaperien laatuvaatimuksiin sekä eri heatset-painatukseen liittyviin ongelmiin.

Kokeellisessa osassa mitattiin kostutusveden ja painovärien painon muutosta ajan suhteen sekä otettiin lämpökameralla kuvia, joista selvitetään lämpötila. Työssä tutkittiin myös kostutusveden ja painoväriin sekä kaikkien painovärien samanaikaista kuivatusta. Kokeet tehtiin kevään 2010 aikana.

Työssä tehtyjen mittausten perusteella huomattiin selviä eroja eri painovärien haihtumislämpötiloissa. Haihtumislämpötilat asettuivat oletetulle 120 – 150 °C akselille. Testattujen painovärien alin haihtumislämpötila oli 132 °C ja korkein 151 °C.

Asiasanat: Heatset-painoväri, Kostutusvesi, Haihtuminen

ABSTRACT

Jani Heiskanen

Drying of Heatset Printing Ink, 38 pages, 2 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Final Year Project 2010

Supervisor: Dr Pasi Rajala, DSc, Saimaa UAS

This thesis is a part of heatset-paper drying project funded by TEKES.

The purpose of the thesis was to examine vaporizing temperatures of moistening water and three different printing inks. The thesis was done in the laboratory of Saimaa University of Applied Sciences.

A paperdrying system that was built to the laboratory was used. It consisted of hot-air dryer, scale, clock and thermal camera. With this equipment it is possible to examine temperature and weight variations in paper.

The theoretical part of the thesis concentrated on the requirements set by heatset-process, quality requirements in different heatset-printing papers and problems occurring in heatset-printing.

In experimental part, weight variations of moistening water and printing inks were measured and were taken pictures with thermal camera to determine vaporizing temperatures. Also tests were made with both moistening water and printing ink and with all printing inks simultaneously.

Results indicate that there are differences in vaporizing temperatures between printing inks. Vaporizing temperatures were set in assumed 120 - 150 °C temperature scale. From three tested inks, the lowest vaporizing temperature was 132 °C and highest 151 °C.

Keywords: Printing ink, Moistening Water, Vaporizing

SISÄLTÖ

KIRJALLISUUSOSA.....	5
1. JOHDANTO	5
2. HEATSET-PAINATUKSEN ASETTAMAT VAATIMUKSET PAINETTAVALLE PAPERILLE	6
3. ERI HEATSET-PAINOPAPERIEN LAATUVAATIMUKSET	7
3.1 SC (Supercalandered)	7
3.2 LWC (Light weight coated).....	8
3.3 MWC (Medium weight coated).....	9
3.4 MFC (Machine finished coated)	9
4. HEATSET- PAPERIN LAATUONGELMAT PAINAUKSESSA	11
4.1 Kuitukarhentuma	11
4.2 Kupliminen	14
4.3 Aaltoilu	15
4.4 Taittomurtuma	17
4.5 Tahriminen	19
KOKEELLINEN OSA.....	21
5. KOEJÄRJESTELY JA KOKEIDEN TAVOITTEET	21
6. KOKEIDEN SUORITUS	23
6.1 Kokeet kostutusvedellä	24
6.2 Kokeet painovärillä A	26
6.3 Kokeet painovärillä B	27
6.4 Kokeet painovärillä C	28
6.5 Painoväri A + kostutusvesi.....	29
6.6 Painoväri B + kostutusvesi.....	30
6.7 Painoväri C + kostutusvesi.....	31
6.8 Kokeet painoväreillä A+ B+ C	32
7. YHTEENVETO	34
KUVAT	35
KUVAAJAT	36
TAULUKOT	36
LÄHTEET	37

KIRJALLISUUSOSA

1. JOHDANTO

Heatset-painatuksessa painoväri kuivataan ilmakeivatuksella leijukuivaimessa. Kuivatuksen tarkoituksena on haihduttaa painoväristä liuotin, joka toimii painovärin pigmentin ja sideaineen kantofaasina. Kuivatusuunin jälkeen noin 110 – 150 °C paperirata jäähdytetään jäähdytys sylinterien avulla.

Heatset-painatuksen suurimmat ongelmat ovat kupliminen (blistering), taittomurtuma (cracking, fold cracking), kuitukarhentuma, tahriminen ja aaltoilu. Pääosin kyseiset ongelmat aiheutuvat prosessissa käytettävästä ilmakeivatuksesta.

Työn kirjallisessa osassa käsitellään ensin heatset-painatuksen asettamat vaatimukset painettavalle paperille ja yleisimmät heatset-painatuksessa käytetyt paperilajit sekä niiden laatuvaatimukset. Tämän jälkeen käsitellään heatset-paperien laatuongelmia painatuksessa.

Kokeellisessa osassa eri painovärejä kuivataan kuumailmapuhaltimella. Kuivatuksen aikana painoväreistä sekä kostutusvedestä yritetään selvittää haihtumislämpötilat lämpökameraa apuna käyttäen.

2. HEATSET-PAINATUKSEN ASETTAMAT VAATIMUKSET PAINETTAVALLE PAPERILLE

Heatset-offset-menetelmässä painoväristä haihdutetaan liuotinkomponentti kuivaajassa. Menetelmä soveltuu etenkin päällystettyjen papereiden painamiseen, mutta myös muille paperilajeille. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2007.)

HSWO (Heatset web offset) prosessissa vaaditaan hyvää sisäistä sidosvahvuutta. Jos kuitujen sidokset ovat vahvoja, kuplimiseen vaadittava lämpötila nousee. Kyseisessä painomenetelmässä painomuste kuivataan ulkopuolisella lämmöllä, samaan aikaan paperin sisässä jäljellä oleva vesi alkaa haihtua. Jos sisäiset voimat ja formaatio ovat huonoja, höyrynpaine paperiradan sisällä voi paikallisesti aiheuttaa kuplia. Reaktiota kutsutaan kuplimiseksi.

Värikkäissä, korkealaatuisissa painatuksissa on erityisen tärkeää välttää taittomurtuma. Taipumus taittomurtumaan on korkeampi tiiviillä, mekaanista massaa sisältävillä kuiduilla kuin kemiallisesti valmistetuilla kuiduilla, mutta sitä esiintyy myös puuvapaissa papereissa. Taittomurtumaan voidaan vaikuttaa jauhatuksella ja pigmenttityypeillä sekä tärkein käytöllä päällysteessä. (Holik 2006.)

Tärkeimmät heatset-painatuksessa ja -kuivauksessa vaikuttavat paperin ominaisuudet ovat pinnan sileys, pintalujuus, neliömassa, päällystekerroksen paksuus, paperin pinnan kokoonpuristuvuus ja huokoisuus sekä pinnan kemialliset ominaisuudet, jotka osaltaan vaikuttavat liuotin- ja vesiabsorptioon.

3. ERI HEATSET-PAINOPAPERIEN LAATUVAATIMUKSET

3.1 SC (Supercalandered)

Korkean täyteainepitoisuuden, hienon mekaanisen massan ja superkalanteroinnin takia SC-paperi on tiheää, sileää ja kiiltävää, jotta se täyttää nykyajan laatuvaatimukset.

Offset-painossa superkalanteroidun paperin tärkeimmät ominaisuudet ovat hyvät lujuusominaisuudet, märkä- ja kuivalujuudet, hyvä kiilto ja hyvä painovärin asettuminen. Myös kuivauksen aikana tulisi olla hyvä lämmönsietokyky ja niin matala painovärin imukyky kuin mahdollista. SC-paperi sisältää pääosin mekaanista massaa. (Paulapuro 2000.)

SC-paperi on superkalanteroitua, päällystämätöntä aikakauslehtipaperia. Paperin neliömassa-alue on 40 – 80 g/m². Raaka-aineena käytetään suurimmaksi osaksi mekaanista massaa, 70 – 90 % ja armeeraukseen pitkäkuitusellua. Kuituraaka-aineen lisäksi SC-paperissa käytetään paljon täyteaineita (20 – 35 %), jotta saataisiin paremmat painettavuusominaisuudet. SC-paperi on kalanteroitua, jotta konepaperiin saataisiin korkealaatuinen pinta, jota tarvitaan hyvälaatuiseen painatukseen. Paperilta siis vaaditaan hyviä painatus- sekä ajo-ominaisuuksia. Tärkeimmät ominaisuudet ovat:

- riittävät repäisy- ja vetolujuudet, jotta ajo olisi katkotonta ja sujuvaa
- hyvä sileys ja kokoonpuristuvuus, hyvän painojäljen saamiseksi

Paperin optisista ominaisuuksista tärkeimpiä ovat:

- kiilto
- opasiteetti
- vaaleus.

Kiilto lisää painojäljen tummuutta vähentämällä painovärin pinnan valonsirontaa. Näin saadaan suurempi kontrasti. Korkea vaaleustaso puolestaan parantaa sävyntoistoa sekä mahdollistaa korkean densiteettitason. Riittävän korkea opasiteettitaso on välttämätön läpikuullon estämiseksi. Optisten ominaisuuksien riittävän tason lisäksi on tärkeää, etteivät ominaisuuksien hajonta tai toispuolisuus ole liian suuria. Hajonta näissä ominaisuuksissa tai formaatiossa aiheuttaa painojäljen kirjavuutta tai läikikkyyttä. (Hägglom-Ahnger, Komulainen 2003.)

Superkalanteroidussa paperissa, joka sisältää mekaanista massaa, esiintyy merkittävää nousua karheudessa sen altistuessa ilmankosteudelle tai suoraan altistumisessa veden kanssa. (Forseth, Wiik, & Helle 1997.)

3.2 LWC (Light weight coated)

LWC-paperi on puupitoista, kevyesti päällystettyä paperia jonka neliömassa on 35 – 70 g/m². Painojäljeltään, vaaleudeltaan ja kiilloiltaan parempaa kuin SC-paperi. LWC-paperi koostuu pääosin mekaanisesta massasta (45 – 80 %), ja pitkäkuituisesta valkaistusta havupuusellusta (20 – 55 %) (Hägglom-Ahnger, Komulainen 2003.)

LWC-offsetpaperissa vaaleus on noin 72 – 76 %. Tärkeitä ominaisuuksia ovat hyvä sileys minimalistisella taipumuksella kuitukarhentumaan kuivatuksen aikana, sekä hyvä kiilto.

Päällystetyltä paperilta vaaditaan hyvää lujuutta, jotta se kestäisi päällystysprosessin aikaiset rasitukset. Tästä johtuen mekaanisen massan osuus on hieman päällystämättömiä papereita pienempi. (Hägglom-Ahnger, Komulainen 2003.)

LWC-offsetpaperilla on oltava myös sopiva huokoisuus/absorptiokyky. Liian tiivis päällystekerros saattaa estää paperin kosteuden haihtumisen heatset-painokoneen kuivatussuunnassa aiheuttaen kuplimis ilmiön.

3.3 MWC (Medium weight coated)

Päällysteen koostumus määräytyy suurelta osaltaan tulevan painomenetelmän mukaan.

Offset-painomenetelmä vaatii hyvin sidotun päällysteen, johtuen merkittävistä nykypäivän suurien ajonopeuksien ja viskoottisten painovärien aiheuttamista z-suuntaan kohdistuvista voimista. Jotta päästäisiin vaadittuihin laatuvaatimuksiin, tarvitaan päällysteeltä suurta määrää päällysteen sideainetta. Mutta samaan aikaan päällysteen täytyy olla riittävän huokoista (joka sallii painovärin nopean ja hallitun imeytymisen vähentämättä painokiiltoa), hydrofobista sekä omata tehokkaan liuoksen imeytymisnopeuden.

Pääpiirteittäin päällystetyltä paperilta vaaditaan riittävää jäykkyyttä, vastustuskykyä kuplimiselle, korkea vaaleus, alhainen taipumus keltaistumiselle ja hyvä vastuskyky ikääntymiselle.

Päällystetyssä ja painetussa paperissa ei saa esiintyä aaltoilua, laikullisuutta, läpipainatusta. Lisäksi tärkeitä painoteknisiä ominaisuuksia ovat korkea painokiilto, tasainen rasterointi, yksityiskohtainen sävyasteikko, vähäinen musteen kulutus (korkea tiheys), terävät pisteet, nopea painovärin kuivuminen ja alhainen kuitukarhentuma. (Holik 2006.)

3.4 MFC (Machine finished coated)

MFC-paperi on paperikoneella kevyesti päällystetty ja viimeistelty, puupitoinen paperilaji. Pääraaka-aineena käytetään mekaanista massaa 75-90 % ja armeeraukseen pitkäkuituista sellua 10-25 %

MFC-papereita ei kalanteroida niin voimakkaasti kuin LWC-papereita joten niillä on korkeampi bulkki, ne ovat jäykempiä kuin LWC-paperit ja mattapintaisia. Päällystemäärä on vähäinen ja vaihtelee alueella 2-10 g/m².

MFC-papereita käytetään katalogeissa, mainoksiin ja kirjoihin. Himmeä pinta ja korkea vaaleus tekevät siitä hyvän pohjan tekstin painatukselle, erityisesti kirjojen painatukseen. MFC on hyvä vaihtoehto tilanteissa, joissa tarvitaan luettavuutta, korkeaa kiiltoa, hyvän opasiteetin ja vaaleuden yhdistelmää sekä hyvää jäykkyyttä. Neliöpaino vaihtelee 48 – 80 g/m² alueella.

Tärkeimmät MFC-papereiden ominaisuudet ovat hyvät pintaominaisuudet, korkea painokiilto ja arkin jäykkyys (Paulapuro 2000).

4. HEATSET- PAPERIN LAATUONGELMAT PAINAUKSESSA

4.1 Kuitukarhentuma

Kuitukarhentuma on ongelma, jota esiintyy päällystyksessä sekä painokoneilla. Ongelmaa ilmenee, kun paperi on prosessissa kosketuksissa veden kanssa esimerkiksi päällystyksessä tai offsetpainossa, tai yksinkertaisesti, kun paperi altistuu verrattaen korkealle kosteudelle. (Enomae & Lepoutre 1997)

Karhentuminen syntyy, kun kuidut turpoavat kosteuden lisääntyessä. Kuituja yhdessä pitävät vetysidokset pettävät kuidun koon kasvaessa, jonka seuraksena kuitu irtoaa ja nousee pystyyn pintaan.

Tärkeimmät painokonemuuttujat, jotka aiheuttavat kuitukarhentuman heatset offset-painoprosessissa ovat kostutusveden syötön määrä sekä kuivatusolosuhteet. Veden ja lämmön lisäksi karhentumaan vaikuttavat painatusprosessista siirtyvä painoväri, joka voi tiivistää paperin pintaa ja hidastaa kosteuden haihtumista. Paperimuuttujista suurin tekijä kuitukarhentuman aiheuttajana on päällysteen tiiviys. (Anjala 2008.)

Kuitukarhentuminen voidaan jakaa kahteen mekanismiin: kostutusveden- sekä kuumailmakuivatuksen vaikutuksesta aiheutuviin ongelmiin.

Kostutusveden vaikutuksesta:

- kuitujen turpoaminen
- kuitusidosten aukeaminen
- kuituverkoston sisäisten jännitysten laukeaminen

- kuitujen palaaminen alkuperäiseen muotoonsa

Kuumailmakuivauksen ja kosteuden laskun vaikutuksesta:

- kuitujen taipuisuuden väheneminen
- kuitujen kutistuminen
- paineisen vesihöyryn kuitusidoksia rikkova vaikutus.

Kuitukarhentuman pääaiheuttaja on mekaaninen massakomponentti, osaltaan sen sisältämien pitkäkuitujakeen ja tikkujen takia.

Päällystyksessä esiintyvää karhentumaa voidaan vähentää lisäämällä sellukomponenttia, hienoainepitoisuutta ja lisäämällä massaliimausta

Negatiivisia vaikutuksia saadaan lisäämällä täyteainepitoisuutta, pohjapaperin kalanteroinnilla sekä applikoidun vesimäärän lisäämisellä..

Painatuksessa syntyvää karhentumaa aiheuttavat esimerkiksi kostutusvedensyötön lisääminen sekä ratalämpötilan nosto. (KCL Graafinen tekniikka –kurssi. 1994.)

Absorptio ja kuitukarhentuma

Päällystepastan sisältämän veden retentio määrittää, kuinka nopeasti vesi imeytyy pohjapaperiin. Mitä pidempi kontaktiaika veden ja pohjapaperin välillä on, sitä suurempi on pohjapaperin taipuvuus kuitukarhentumaan. Kuitukarhentumaa ilmenee enemmän, jos päällystepastan veden retentio ja päällysteen määrä on suuri. On huomattu, että päällysteen nopea kuivuminen tihentää paperin pohjapäällystekerrosta ja vähentää kuitukarhentumaa.

Kuitukarhentuma on peruuttamaton karheuden nousua, jonka aiheuttaa paperiin absorboitunut vesi. Kun paperia kuivataan kuituverkoston rakenne muuttuu.

Syitä kuitukarhentumiseen:

- kuitujen turpoaminen veden vaikutuksesta
- kuituverkoston sisäisten rasitusten vapautuminen

- kuitusidosten hajoaminen.

Pohjapaperin päällystyksessä kuitukarhentuma vaikuttaa päällysteen peittoon, ja siten päällystyksen lopputulos ei ole aina haluttu. Kuitukarhentumisen aikana vesi läpäisee ensin kuitujen väliseen tyhjään tilaan ja seuraavaksi kuituseinämän huokosiin. Kuitu turpoaa ja arkin paksuus kasvaa. Jos paksuuden muutos on kuivauksessa peruuttamaton, ilmenee kuitukarhentumaa.

Mekaanisen kuidun katsotaan olevan tärkein tekijä kuitukarhentumisessa. Erityisen kriittinen tekijä on pitkien kuitujen sekä tikkujen määrä.

Kun käytetään enemmän sellua, esiintyy vähemmän kuitukarhentumaa. Sellun sisältämien kuitujen sidokset ovat vahvoja, ja vahva rakenne vastustaa kuituverkoston muutoksia lisäämättä pinnan karhentumaa. (Lehtinen 2000.)

Karkeiden kuitujen korvaaminen hienoaineella parantaa pinnan sileyttä, mutta hienoaine ei poista karhenemismekanismia. Tutkimusten perusteella kuitenkin paperin kosteuspitoisuuden noustua karheuspitoisuuden määrittelee karheiden kuitujen osuus paperissa.

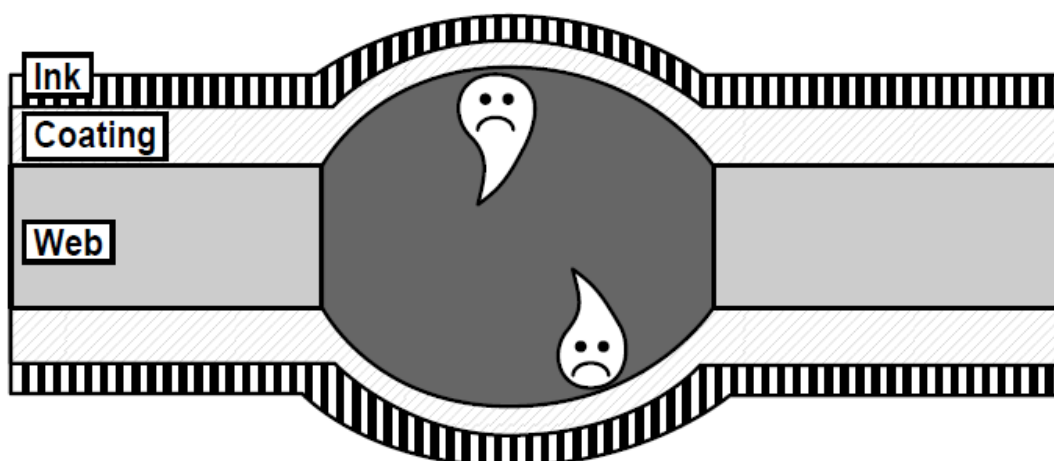
Alalla tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että mekaanisella massalla on vähäinen taipumus kuitujen spontaaniin luhistumiseen. Kuidut jotka pakotetaan luhistumaan koneen puristaessa sekä superkalanteroinnissa, saavat suurimmaksi osaksi takaisin putkimaisen muotonsa kostuessaan. Mekaanisten kuitujen muoto ja luonne ovat suurimpia tekijöitä, jotka aiheuttavat taipumuksen pintakarhentumaan. Kemiallisesti tuotetut kuidut puolestaan eivät saa takaisin putkimaista muotoaan kostuessaan. (Forseth, Wiik & Helle, 1997, 67-71.)

4.2 Kupliminen

Kuplimista esiintyy, kun paperi murtuu musteen kuivatuksen aikana korkean höyrynpaineen vaikutuksesta. Näin ollen paperin koossapysyvyyden ja päällysteen huokoisuuden välinen vuorovaikutus on erittäin tärkeää. Päällysteen tulee olla riittävän huokoista estääkseen painoväriin kuivumisen aikana kuituja murtumasta. (Schwob, Guyot & Richard 1991, 65-71)

Kun painomuste on tarttunut paperiin ja se viedään kuivatusuuniin, paperin lämpötila nousee noin 150 °C:een sekunnissa, painoväriin liuotin höyrystyy ja väri asettuu paperiin, samalla kuin paperin sisäinen lämpötila nousee. Jos paperia lämmitetään riittävästi, paperissa oleva vesi kiehuu ja höyryn on löydettävä reitti ulos. Höyrystymisen hetkellä paperin sisäiset sidokset joko kestävät faasinmuutoksen tuoman paineen tai aiheuttavat paperiin molemminpuolisen pullistuman, kuplan. (Settlemyer 1994, 187-191.)

Tämä ympyränmuotoinen epämuodostuma paperissa on näkyvillä paperin molemmilla puolilla (kuva 4.1).

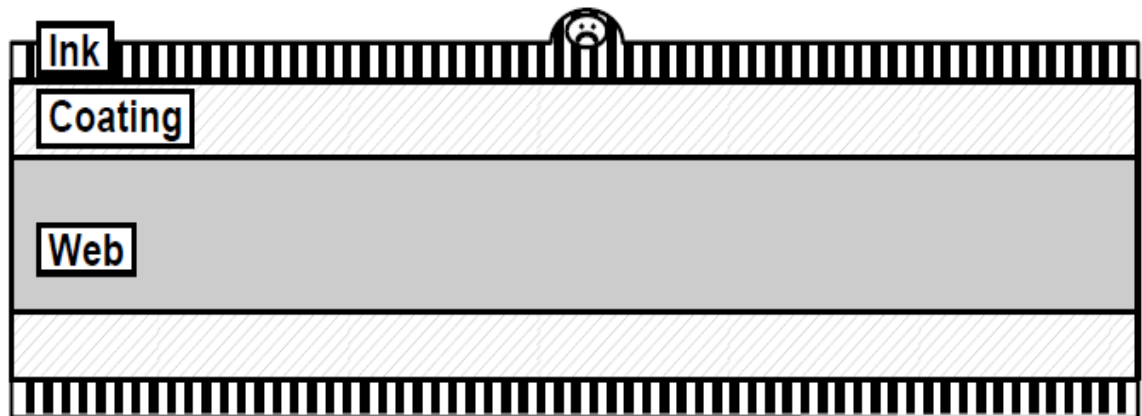


Kuva 4.1 Paperin kupliminen. (Settlemyer 1994)

Kuvasta 4.1 nähdään, että kupla paperissa on havaittavissa molemmilta puolilta.

Muste tai päällystekupla voidaan erottaa paperin kuplimisesta sillä, että paperin kuplimisessa on kyse molemminpuolisesta reaktiosta.

Kuvassa 4.2 on kyse ainoastaan painovärin aiheuttamasta pienestä kuplasta. Tässä tapauksessa kyseessä ei ole paperin kupliminen. (Settlemyer 1994, 187-191.)



Kuva 4.2 Musteen/päällysteen kupliminen. (Settlemyer 1994)

Kuplimiseen voi vaikuttaa myös kumisynterierien laatu. Jos kumisynterierien tahmeus on korkea, se heikentää pintakerroksen sidoslujuutta, joka kasvattaa kuplimisen mahdollisuutta.

4.3 Aaltoilu

Aaltoilu on painatusongelma, jota esiintyy, kun paperissa oleva kosteus höyrystyy painomusteen kuivatuksen aikana, heatset-offset-painossa.

Painomuste vaikuttaa haihtumisnopeuteen, tästä syystä kosteutta höyrystyy vähemmän painetuilta kuin painamattomilta alueilta.

Paikalliset kosteuden vaihtelut yhdistettynä ratakiireyteen aiheuttavat vaihteluita ratakiireysprofiilissa, kutistumista ja lopulta aaltoilua. Kun painomuste on kuivunut, aallot pysyvät paperissa. Aaltoilu on yleensä häiritsevämpää korkean kiillon omaavilla papereilla. (Forest Pilot Center Oy.)

Aaltoilu tai aallot ovat olleet HSWO-menetelmällä tuotetun painojäljen ongelma, jota esiintyy lopputuotteessa. Yksi suurimmista aaltojen aiheuttajista uskotaan olevan kosteusero painettujen ja painamattomien alueiden välillä. (Nordström, Lindberg & Lundström. 2002, 1-8.)

Kyseiset kosteuserot voivat johtaa epätasaiseen puristumiseen kalanteroinnissa, joka puolestaan voi aiheuttaa rakenteellisia eroja paperissa, kuten ilman läpäisevyyseroja. Ilman läpäisevyydellä on todettu olevan vaikutusta aaltoiluun. Paperilla, jolla on korkea ilmanläpäisevyys, on myös korkeampi taipumus aaltoiluun. (Kulachenko 2006.)

Yleinen oletus on, että avaintekijä aaltojen syntymiseen on lämpötila. Aaltoilua nähdään yleensä kuva-alueilla, joissa ei pelkästään ole mustekerrosta, vaan jotka myös vetävät puoleensa enemmän energiaa kuivatuksen aikana. Tämä on perusteltu faktalla, jonka mukaan kuva-alueilla on korkeampi lämpötila vielä jäähdystelöidenkin jälkeen. Yleisesti HSWO-kuivaimessa paperin lämpötila voi vaihdella 110 - 150 °C.

Alan tutkimuksista on myös käynyt ilmi, että taipumus aaltoiluun on vähentynyt käytettäessä ylikuivatusta onlinekalanteroinnin aikana. Tässä tapauksessa paperia kuivataan laajasti ennen kalanterointia ja heti kalanteroinnin jälkeen paperi viedään höyrysuihkuun. Todennäköisesti ylikuivaus vähentää kosteuseroja ja lopulta johtaa samaan vaikutukseen kuin offline-kalanterointi. (Kulachenko 2006.)

4.4 Taittomurtuma

Taittomurtumalla heatset-offsetpainatuksessa tarkoitetaan paperin murtumista painokoneen taittolaitteella taitteen kohdalta. Taittomurtumia esiintyy heatset-kuivatuksen johdosta, jos paperi kuivuu ja haurastuu liikaa. Heatset-offsetpapereilla on yleisesti melko alhainen alkukosteus ja päällysteet suunnitellaan yleensä siten, että kosteus haihtuu helposti. Tällä tavoin vältetään kupliminen mutta vaarana on paperin liiallinen haurastuminen, jonka seurauksena se voi helposti murtua taitettaessa tai nidottaessa. (Anjala 2009.)

Taittomurtuman vastustuskyky on yksi päällystettyjen papereiden avaintekijä joka vaikuttaa lopputuotteen ulkonäköön ja toimivuuteen. Päällystettyjen papereiden taittaminen voi jättää näkyvän murtumalinjan pitkin painettua taitetta, kun päällysteessä oleva murtumalinja vähentää päällystetyn paperin vahvuutta ja lisää todennäköisyyttä, että lehti tai päällystetty artikkeli hajoaa liitoksesta. Tämä vahvuuksien sekä jäykkyyden väheneminen on muodostunut yhä kriittisemmäksi kuituainesosan vähetessä ja päällysteen lisääntyessä.

Tiedetään, että taittomurtumat lisääntyvät, kun kosteus vähenee, tästä syystä ongelma on akuutti erityisesti heatset-offset-menetelmässä jossa paperi ajetaan painossa kuivaus uunin läpi. (Dow Paper and Carpet Latex, 2010)

Sekä pohjapaperilla että päällysteen koostumuksella on vaikutusta taittomurtuman syntymiseen paperissa. Päällysteen tunkeutuminen pohjapaperin rakenteeseen vähentää taittomurtuman todennäköisyyttä mutta huonontaa paperin painatusominaisuuksia. (Anjala 2009.)

Taittomurtuma voidaan luokitella neljään erilaiseen luokkaan (Kuvat 4.3 – 4.5).

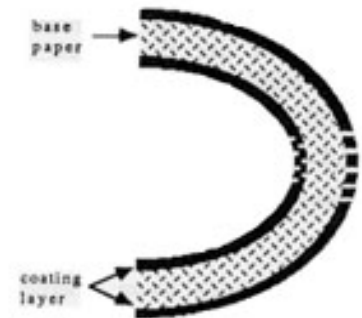
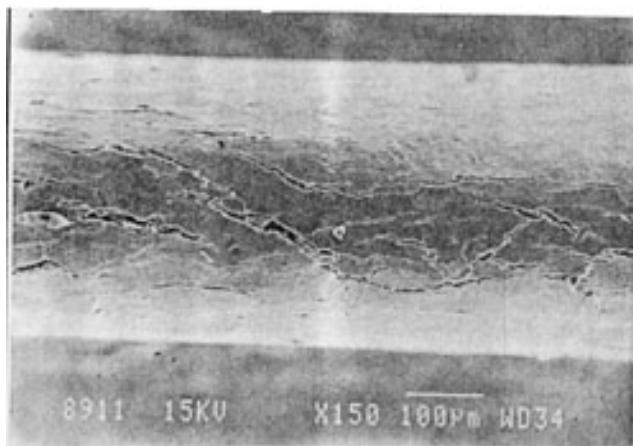
Luokka 1: Päällyste on vähemmän vastustuskykyinen repeytymään kuin pohjapaperi, ja murtumaa esiintyy päällysteessä. Luokassa 1 pohjapaperi ei juurikaan heikkene.

Luokka 2: Päällyste murtuu helpommin kuin pohjapaperi (Kuten luokassa 1.), mutta taittoprosessi heikentää pohjapaperia

Luokka 3: Luokassa 3 päällysteellä on korkeampi vastuskyky taittomurtumaa vastaan joten pohjapaperi vaurioituu taittoprosessissa. Tässä tapauksessa paperia pitää kasassa vain taitteen sisempi päällystekerros.

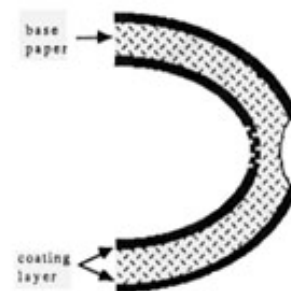
Luokka 4: Pohjapaperi on kokenut vain vähäistä murtumaa, kuten luokassa 2, mutta päällystekerros on murtunut sekä taiteen sisä- että ulkopuolelta.

Seuraavat kuvat havainnollistavat erilaisia taittomurtumaluokkia.



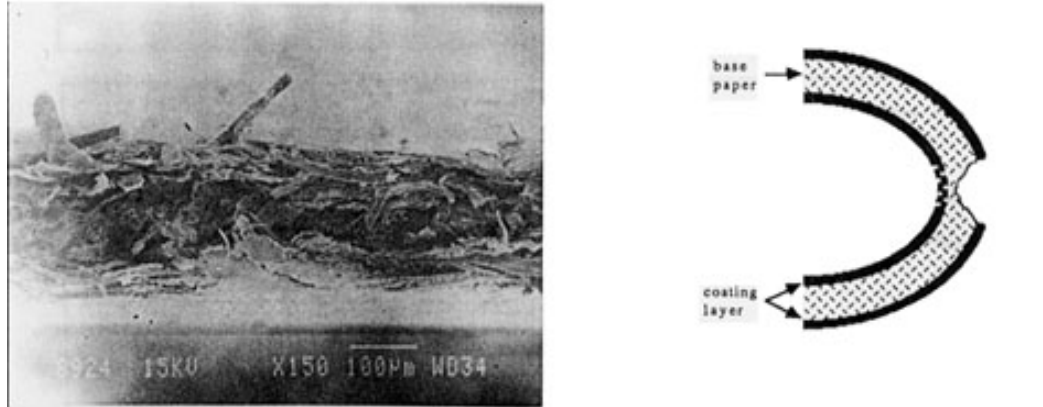
Kuva 4.3. Mikroskooppikuva taittomurtumaluokasta 1. (Barbier.)

Kuvasta näkyy että, päällyste taitteen ulkopuolella on murtunut mutta pohjapaperi on säilynyt vahingoittumattomana.



Kuva 4.4 Mikroskooppikuva taittomurtumaluokasta 2. (Barbier.)

Ulkopäälystekerros on täysin murtunut ja ulommaiseta kuidut ovat vaurioituneet, mutta murtuma ei ole päässyt syvälle pohjapaperiin.



Kuva 4.5 Mikroskooppikuva taittomurtumaluokasta 3. (Barbier.)

Pohjapaperi on rappeutunut, ja sisempi päälystekerros pitää paperia kasassa. (Barbier, C.)

Murtuma taittokohdassa on erittäin tärkeää värikkäissä korkealaatuisissa painatuksissa. Taipumus murtumaan on korkeampi mekaanisilla kuin kemiallisilla massoilla mutta säilyy silti ongelmana WF-papereissa, erityisesti jos paperi omaa korkean neliöpainon.

Taitto-ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa massan jauhatuksella, massa ja pigmenttityypeillä sekä säätelämällä tärkein määrää päälystepastassa. (Lehtinen 2000.)

4.5 Tahriminen

Riittämättömästä kuivatuksesta johtuvalla tahrimisella tarkoitetaan painoväriin siirtymistä painetulta pinnalta paperin painamattomille pinnoille painatuksen ja kuivatuksen jälkeen.

Tahrimista voi esiintyä jo painokoneella tai vasta sen jälkeen, kun tuote on taitettu ja leikattu. Paperin tahrimisongelma ei ole pelkästään heatset-painoprosessin ongelma vaan sitä esiintyy jokaisessa painomenetelmässä. Se näkyy viiltoina korkean väripeiton alueilla, joita ilmenee painamattoman paperin hankautuessa paperin painettua pintaa vasten. Painokoneella heikosti kuivattu väri voi siirtyä jäähdytystelojen välityksellä painamattomalle pinnalle. Selkein ratkaisu ongelmaan on varmistaa riittävä kuivatus, mutta myös ulkoasun suunnittelulla voidaan vähentää tahrimista. (Anjala 2009.)

Tahrimista voidaan havaita myös erityyppisissä, lähinnä matta- ja silkkipäälysteisissä papereissa. Näissä papereissa esiintyvä tahriminen ei välttämättä ole heikon kuivatuksen tulosta. Kyseisessä tapauksessa tahrimisella tarkoitetaan vain värin siirtymistä painetulla pinnalta painamattomalle pinnalle vasta varsinaisen painatuksen jälkeen jälkikäsitteilyoperaatiossa. Tämän painon jälkeisen tahrimisen synnyn mekanismeja ei täysin tunneta. Merkittävää ei ole painetun pinnan ominaisuudet, vaan painamattoman pinnan, jota vasten väripinta painautuu

Oman osansa matta- ja silkkipäälystettyjen paperien tahrimiseen on päällystyksellä. Toisin kuin muissa painopapereissa, joissa käytetään kaoliinipäälysteitä, jotka ovat kokoonpuristuva ja kimmoisia, ja näin ollen vähentävät tahrimista, matta- ja silkkipapereissa käytetään päällysteenä usein kalsiumkarbonaattia, jonka on havaittu lisäävän tahrimista. (Anjala 2009)

KOKEELLINEN OSA

5. KOEJÄRJESTELY JA KOKEIDEN TAVOITTEET

Heatset-painoväriin tutkimuksissa käytettiin kolmea eri cyanin väristä painoväriä. Lisäksi testeissä oli mukana heatset-prosessissa käytettävää kostutusvettä. Tavoitteena oli tutkia laboratorio-olosuhteissa eri painovärien haihtumislämpötiloja. Työ tehtiin Saimaan AMK:n paperilaboratoriossa.

Laboratoriossa oli tarkoituksena rakentaa laitteisto simuloimaan heatset-prosessin kuivatusolosuhteita ja selvittää eri painovärien haihtumislämpötilat. Kuivatukseen käytettiin kuumailmapuhallinta, joka asetettiin puhaltamaan paperiin. Haihtumislämpötiloja tarkkailtiin lämpökameralla (Fluke Ti-25). Kuivatettava paperi asetettiin telineeseen, jonka alla oli asetettu vaaka mittaamaan haihtumisnopeutta.

Kokeessa oli tarkoitus tehdä koesuunnitelman (Taulukko 5.1) mukaan toistuvia kokeita jokaiselle painoväriä sekä kostutusvedelle erikseen. Painoväreille tehtiin mittaukset yhdellä neliöpainolla ja kostutusvedelle kolmella. Yksittäisten kokeiden jälkeen yhdistettiin samaan kokeeseen kostutusvesi ja jokainen painoväri erikseen. Viimeinen mittaus tehtiin laittamalla samaan kokeeseen jokaista painoväriä samanaikaisesti.

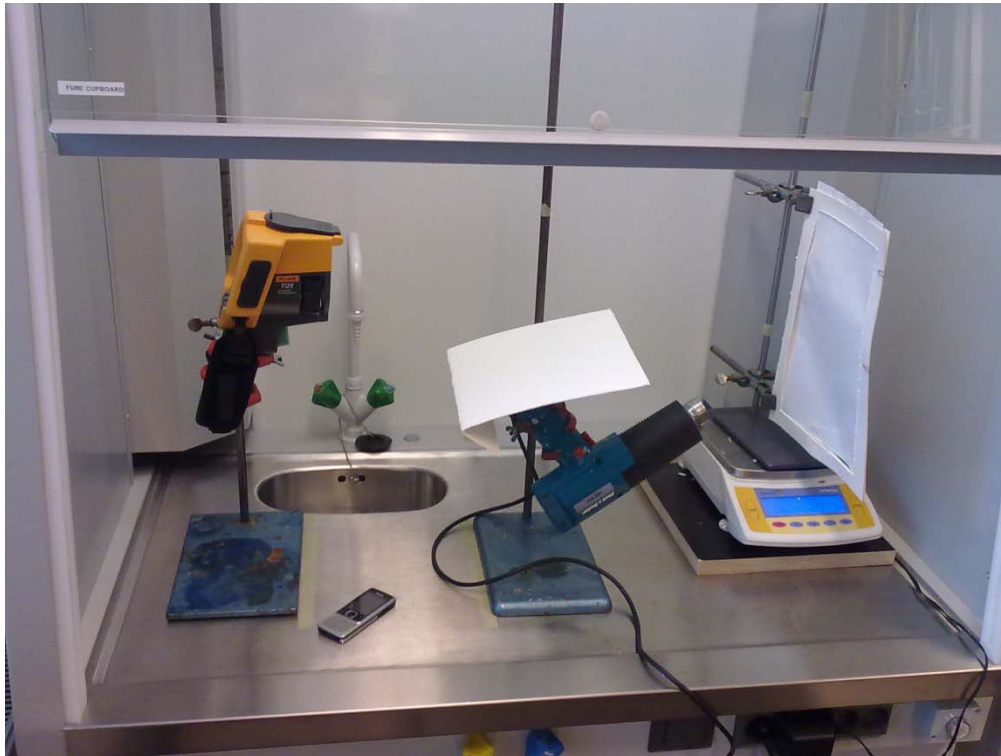
Taulukko 5.1 Koesuunnitelma

Koepiste	Liutin	Määrä (g/m ²)	Painon muutos g/s	
1	kostutusvesi	16	mitataan 10 s välein	S u i h k u t e t a a n
2	kostutusvesi	16	mitataan 10 s välein	
3	kostutusvesi	16	mitataan 10 s välein	
4	kostutusvesi	32	mitataan 10 s välein	
5	kostutusvesi	32	mitataan 10 s välein	
6	kostutusvesi	32	mitataan 10 s välein	
7	kostutusvesi	48	mitataan 10 s välein	
8	kostutusvesi	48	mitataan 10 s välein	
9	kostutusvesi	48	mitataan 10 s välein	
10	painoväri A	16	mitataan 10 s välein	S i v e l t i m e l i ä
11	painoväri A	16	mitataan 10 s välein	
12	painoväri A	16	mitataan 10 s välein	
13	painoväri B	16	mitataan 10 s välein	
14	painoväri B	16	mitataan 10 s välein	
15	painoväri B	16	mitataan 10 s välein	
16	painoväri C	16	mitataan 10 s välein	
17	painoväri C	16	mitataan 10 s välein	
18	painoväri C	16	mitataan 10 s välein	
19	kost.vesi+painoväri A	16+16	mitataan 10 s välein	V i e r e k k ä i n 5 c m r a i d a t
20	kost.vesi+painoväri A	16+16	mitataan 10 s välein	
21	kost.vesi+painoväri A	16+16	mitataan 10 s välein	
22	kost.vesi+painoväri B	16+16	mitataan 10 s välein	
23	kost.vesi+painoväri B	16+16	mitataan 10 s välein	
24	kost.vesi+painoväri B	16+16	mitataan 10 s välein	
25	kost.vesi+painoväri C	16+16	mitataan 10 s välein	
26	kost.vesi+painoväri C	16+16	mitataan 10 s välein	
27	kost.vesi+painoväri C	16+16	mitataan 10 s välein	
28	A+B+C	16+16+16	mitataan 10 s välein	
29	A+B+C	16+16+16	mitataan 10 s välein	
30	A+B+C	16+16+16	mitataan 10 s välein	

Taulukossa 5.1 on esitetty käytetty koesuunnitelma. Koesuunnitelmasta ilmenee käytetty liutin ja määrä, sekä mitattava suure ja applikointitapa.

6. KOKEIDEN SUORITUS

Heatset-painoväriä tutkittiin Saimaan ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Väriä siveltiin pensselillä paperin pintaan ja kuivatettiin kuumailmapuhaltimella. Kuumailmapuhaltimen etäisyys paperin pinnasta säädettiin niin, että kuivatusilman lämpötila paperin pinnalla oli 170 °C. Jokaisessa kokeessa tarkkailtiin paperin alla olevaa vaakaa ja aikaa. Kymmenen sekunnin välein kirjattiin ylös paino sekä otettiin lämpökameralla kuva. Mittaaminen lopetettiin, kun paino ei enää muuttunut. Mittaus tapahtui kuvan 6.1 mukaisella laitteistolla.

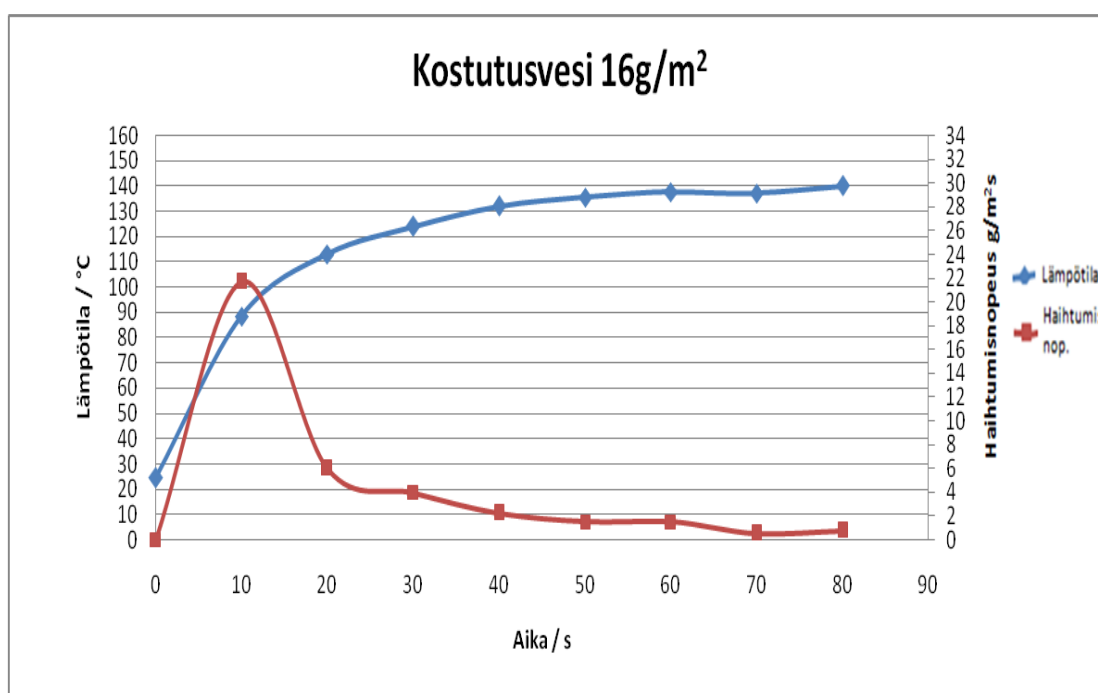


Kuva 6.1. Mittauslaitteisto

Kuvassa 6.1 nähdään mittauksessa käytetty laitteisto. Kuumailmapuhaltimen päälle oli asetettu selluarkista tehty levy, jotta lämpökamerassa ei näkyisi ylimääräisiä lämpöjälkiä. Kaikki mittaukset suoritettiin vetokaapissa.

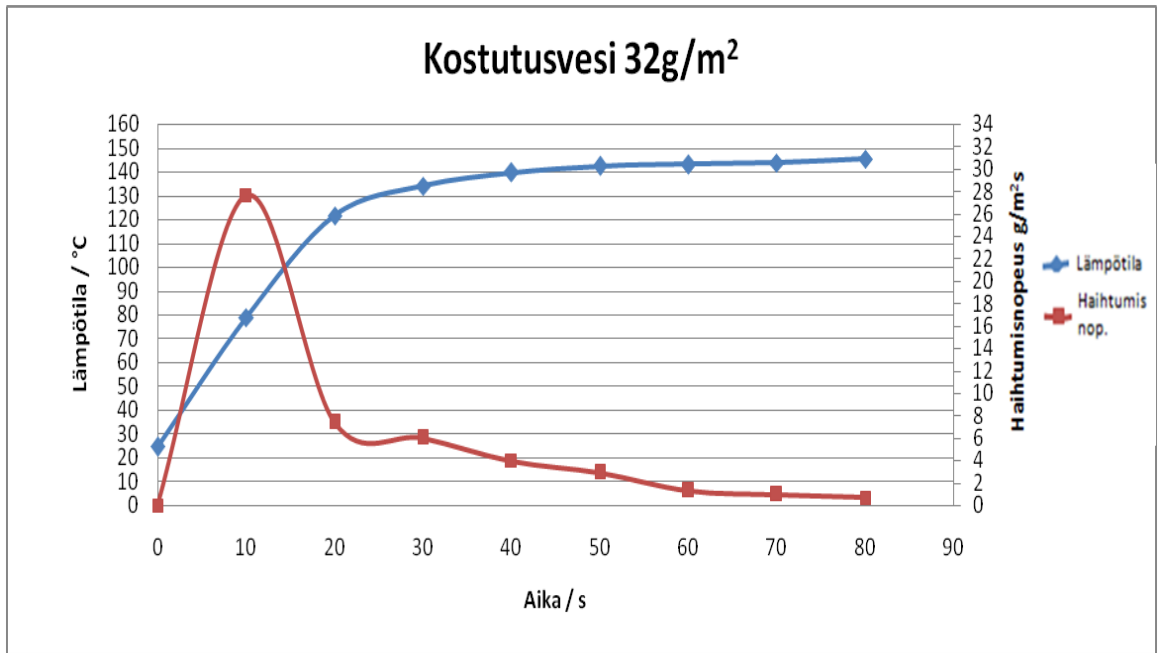
6.1 Kokeet kostutusvedellä

Kokeellinen osa aloitettiin tekemällä kokeet kostutusvedellä. Tarkoituksena oli tehdä kokeet eri kostutusveden määrällä. Määrinä käytettiin 16 g/m^2 , 32 g/m^2 ja 48 g/m^2 . Kokeessa käytettiin sumutinpulloa, jolla saatiin kostutusvesi tasaisesti paperin pintaan. Jokaisella kostutusveden määrällä tehtiin kolme toistokertaa. Saaduista arvoista laskettiin keskiarvot (Liite 1.), jonka avulla piirrettiin kuvaajat.



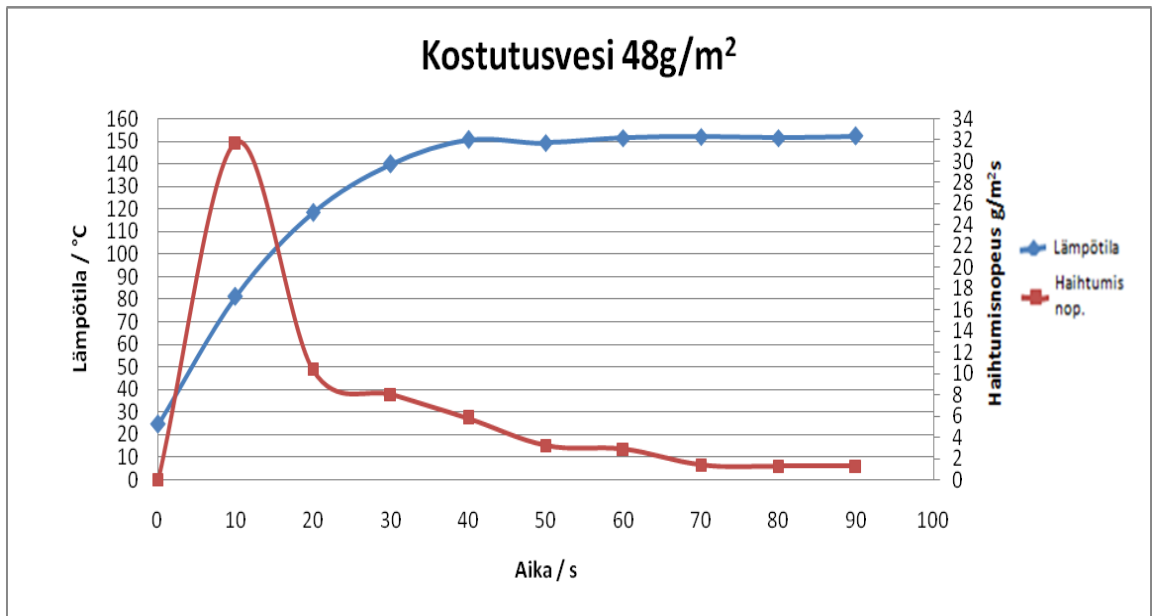
Kuvaaja 6.1 Kostutusveden 16 g/m^2 lämpötila ja haihtumisnope. ajan funktiona.

Kuvasta havaitaan, että suuren alkulaihtumisen jälkeen haihtumisnopeus laski tasaisesti loppukuivatuksen ajan. Lämpötila vakiintui kuivatuksen lopussa tasolle $140 \text{ }^\circ\text{C}$.



Kuvaaja 6.2 Kostutusveden 32 g/m² lämpötila ja haihtumisnop. ajan funktiona.

Kuvaajasta 6.2 havaitaan, että suuren alkulaihtumisen jälkeen haihtumisnopeus laski tasaisesti loppukuivatuksen ajan. Lämpötila vakiintui kuivatuksen lopussa tasolle 145 °C.

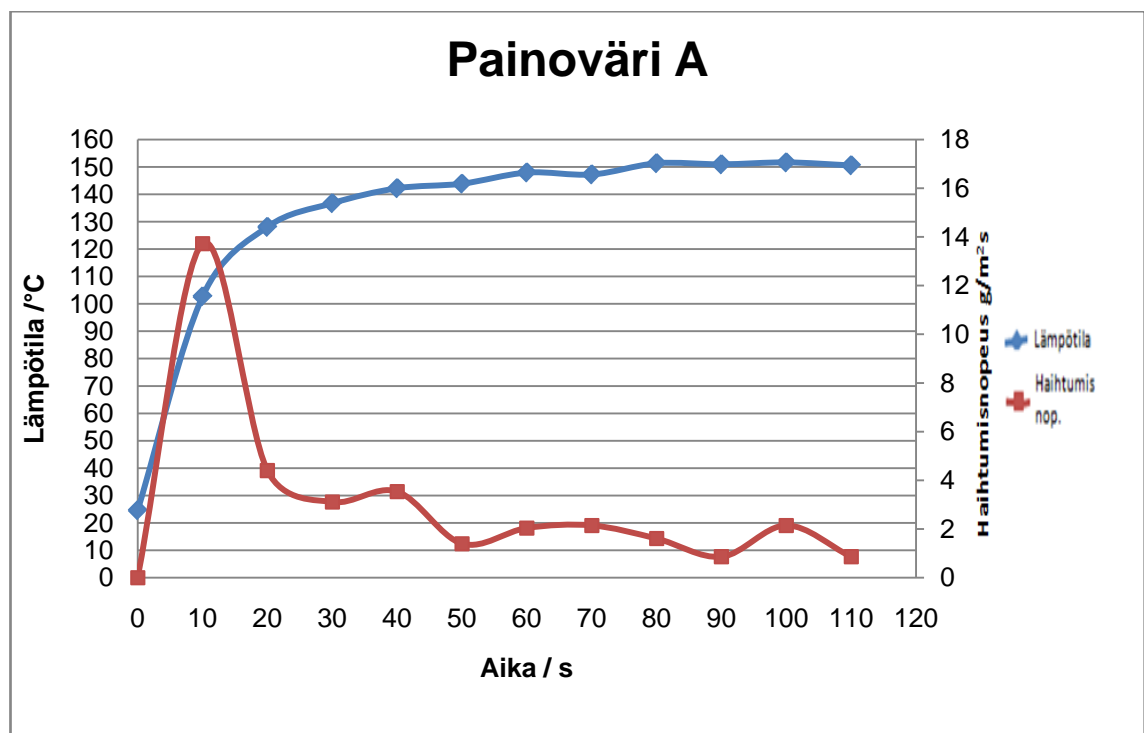


Kuvaaja 6.3 Kostutusveden 48 g/m² lämpötila ja haihtumisnop. ajan funktiona.

Kuvaajasta 6.3 nähdään tulosten noudattavan samaa kaavaa kuin edellisissä kuivatusmittauksissa. Painonmuutos on suurinta ensimmäisten 10 sekunnin aikana jonka jälkeen haihtumisnopeus laskee. Lämpötila oli vakiona tasolla 152 °C.

6.2 Kokeet painovärillä A

Painoväri A:lle tehtiin kolme mittausta 16 g/m^2 . Painoväri siveltiin paperin pintaan pensselillä. Saaduista tuloksista laskettiin keskiarvot, jotka taulukoitiin (Liite 2.) ja joista piirrettiin kuvaaja (Kuvaaja 6.4)

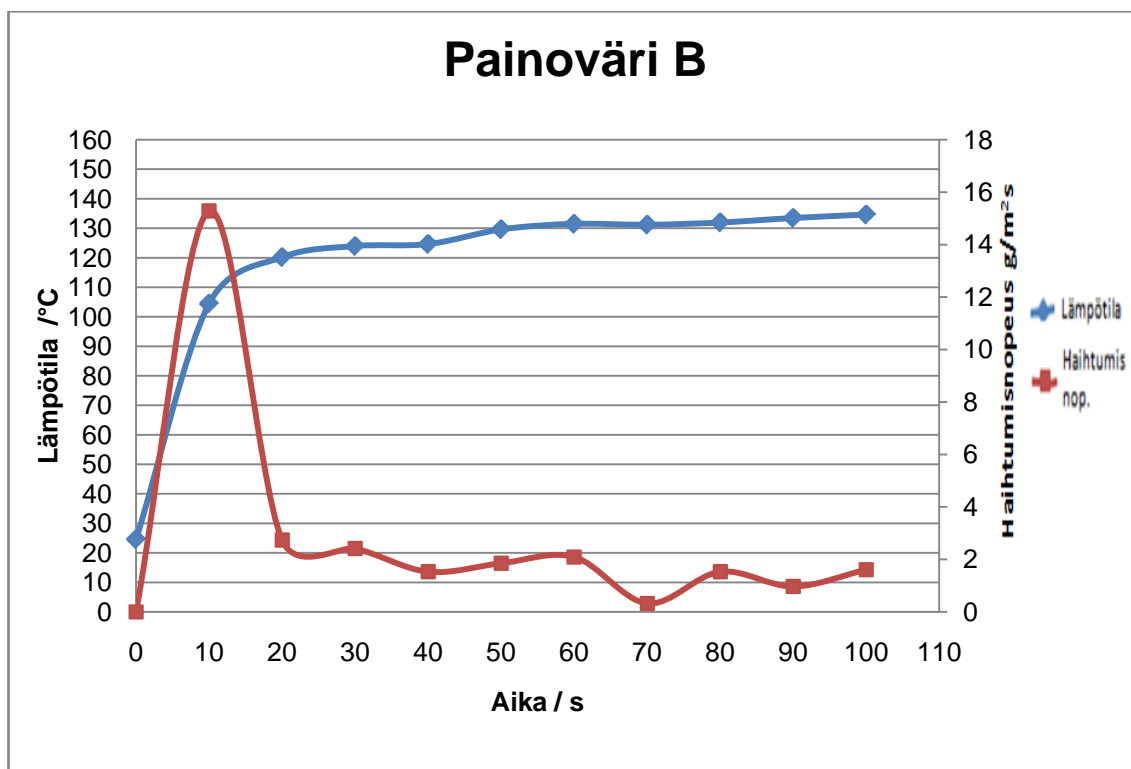


Kuvaaja 6.4. Painovärin A lämpötila ja haihtumisnopeus ajan suhteen.

Kuvaajasta 6.4 havaitaan, että suurin haihtuminen tapahtuu ensimmäisen 10 sekunnin aikana, jolloin haihtumisnopeus on $13,73 \text{ g/m}^2\text{s}$. Mittauksen edetessä haihtumisnopeus oletetusti laskee. Mittauksen loppupuolella lämpötila vakiintui tasolle 151 °C .

6.3 Kokeet painovärillä B

Painoväri B:lle tehtiin kolme mittausta 16 g/m^2 . Painoväri siveltiin paperin pintaan pensselillä. Saaduista tuloksista laskettiin keskiarvot, jotka taulukoitiin (Liite 2.) ja joista piirrettiin kuvaaja (Kuvaaja 6.5)

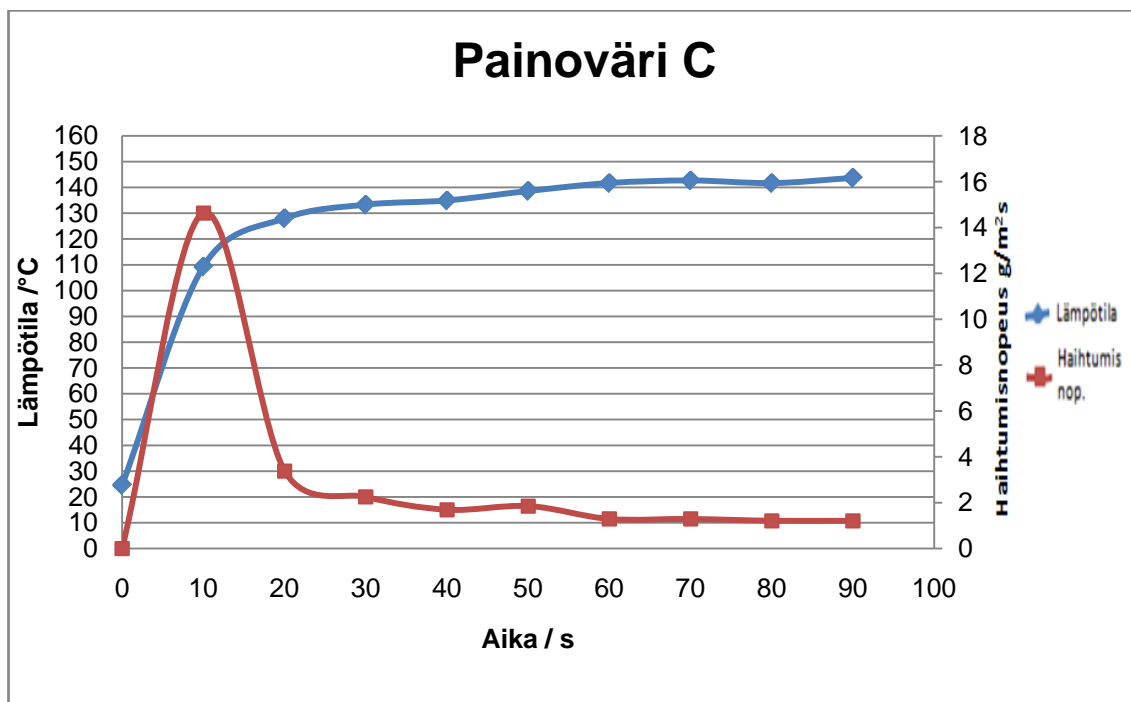


Kuvaaja 6.5 Painovärin B lämpötila ja haihtumisnopeus ajan suhteen

Kuvaajasta 6.5 näkee, että kuten aikaisemmissakin mittauksissa, suurin haihtumisnopeus saavutettiin ensimmäisen 10 sekunnin aikana, jonka jälkeen haihtumisnopeus laski merkittävästi ja 20 sekunnin kuluessa oli laskenut noin $2,73 \text{ g/m}^2\text{s}$ tasolle. Lämpötila pysyi tasaisena alueella 132 °C .

6.4 Kokeet painovärillä C

Painoväri C:lle tehtiin kolme mittausta 16g/m^2 . Painoväri siveltiin paperin pintaan pensselillä. Saaduista tuloksista laskettiin keskiarvot jotka taulukoitiin (Liite 2.) ja joista piirrettiin kuvaaja. (Kuvaaja 6.6)



Kuvaaja 6.6 Painovärin C lämpötila ja haihtumisnopeus ajan funktiona.

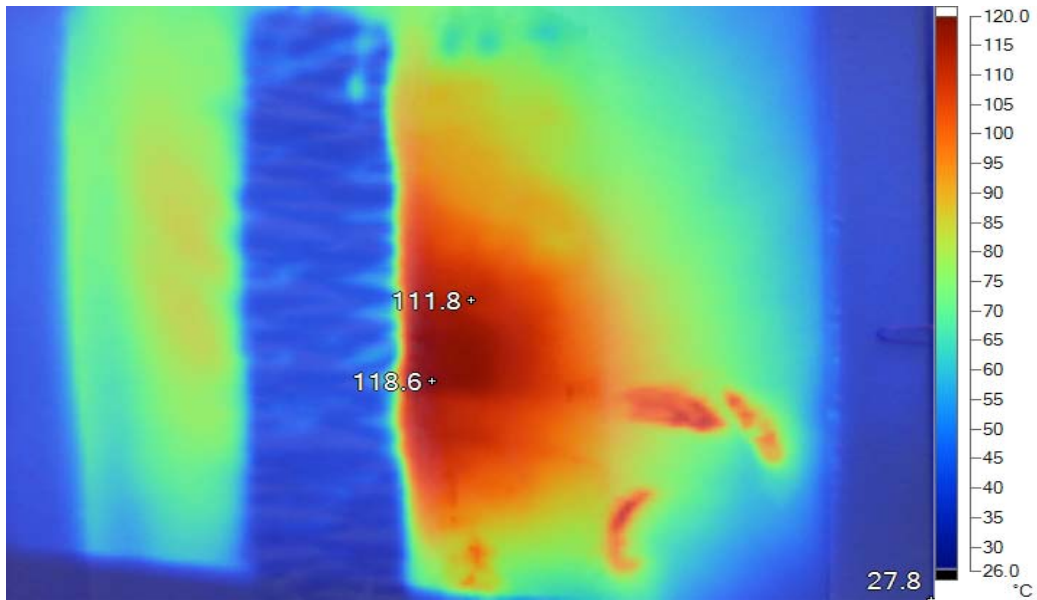
Kuvaajasta 6.6 havaitaan samaa kuin edeltävistäkin mittauksista. Lämpötila- ja haihtumiskäyrät käyttäytyvät samalla tavalla. Painoväri C:n lämpötila pysyi vakiona hieman yli 140 °C .

Kokeet kostutusvedellä ja painovärillä

Tässä kokeessa ei niinkään keskitytty mittaamaan painonmuutosta kuin edellisissä kokeissa. Kokeessa paperi sisälsi kahta eri komponenttia, kostutusvettä sekä painoväriä. Tästä syystä painon mittaamiseen olisi tarvittu laitteistoa, jossa pystyttäisiin mittaamaan erikseen molempien komponenttien painonmuutokset. Kokeessa keskityttiin havainnollistamaan lämmön leviämistä paperissa eri aineiden välillä. Tuloksina käytetään lämpökameralla otettuja kuvia.

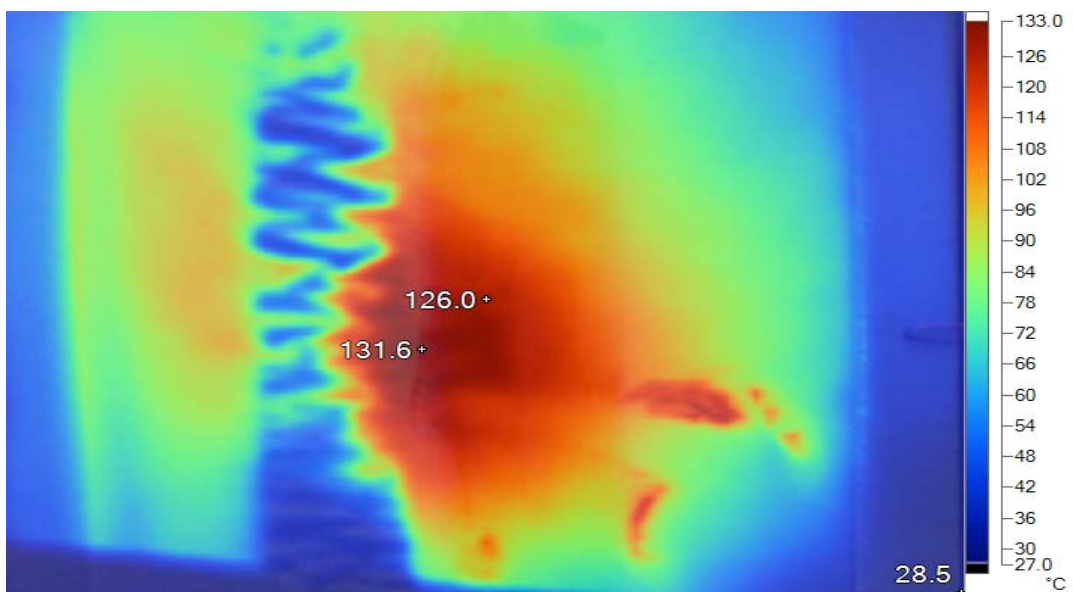
6.5 Painoväri A + kostutusvesi

Kuvassa 6.2 painoväri on oikealla ja kostutusvesi vasemmalla. Alussa kostutusvedessä ei tapahdu juurikaan lämpötilan nousua. Painoväriin lämpötila on noussut 118,6 °C.



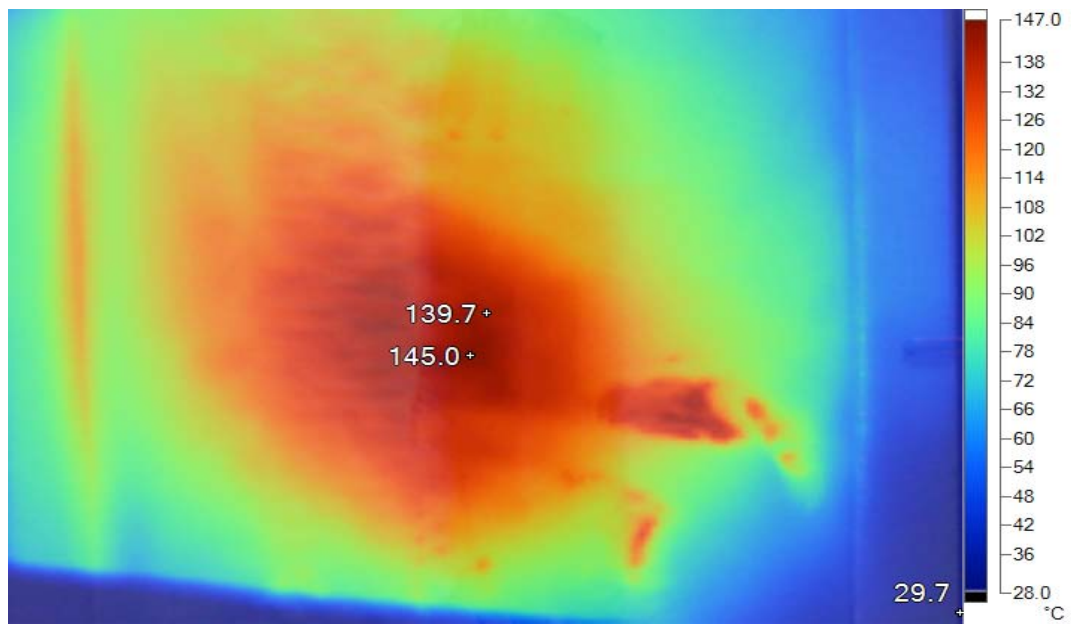
Kuva 6.2 Kostutusvesi + painoväri A

Kuvasta 6.3 nähdään että lämpötilan noustessa 131 °C alkaa lämpö siirtyä painoväristä kostutusveteen.



Kuva 6.3 Kostutusvesi + painoväri A

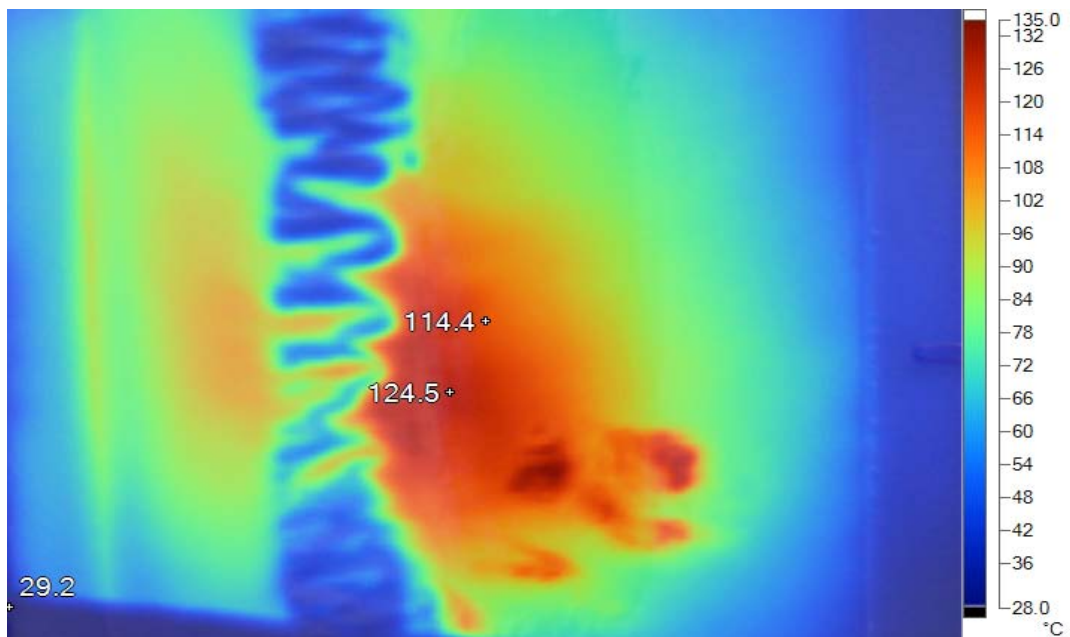
Kuvasta 6.4 havaitaan että lämpötila asettui 145°C ja lämpöalue peitti kostutusveden ja painoväriin.



Kuva 6.4 Kostutusvesi + painoväri A

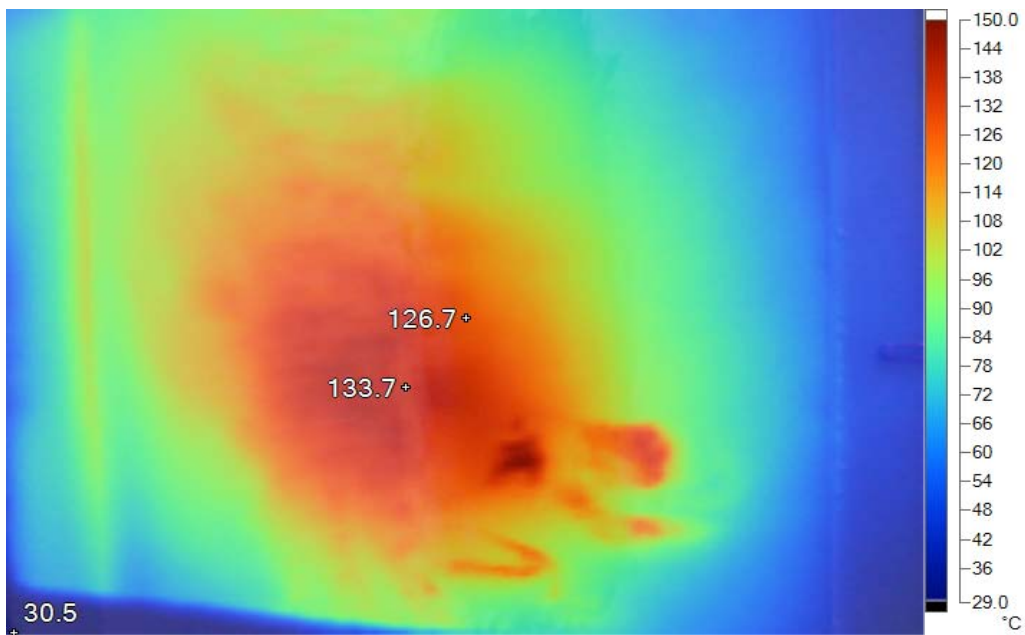
6.6 Painoväri B + kostutusvesi

Kuvasta 6.5 havaitaan, että painoväriin saavuttaessa noin 124 °C lämpötilan alkaa lämpöä siirtymään kostutusveteen.



Kuva 6.5 Painoväri B + kostutusvesi

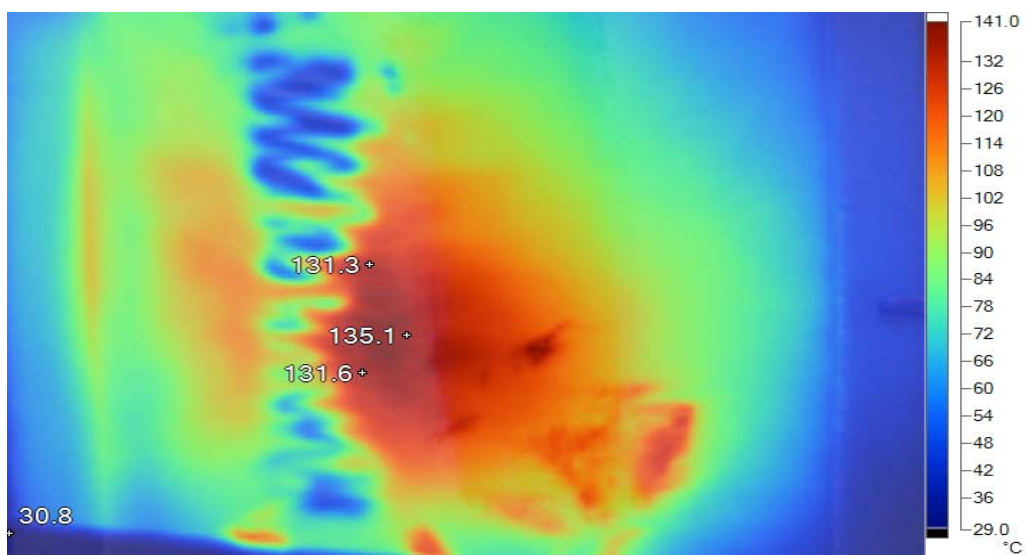
Kuvasta 6.6 havaitaan, että lämpötilan noustessa 133,7 °C lämpö on siirtynyt peittämään molemmat komponentit.



Kuva 6.6 Painoväri B + kostutusvesi

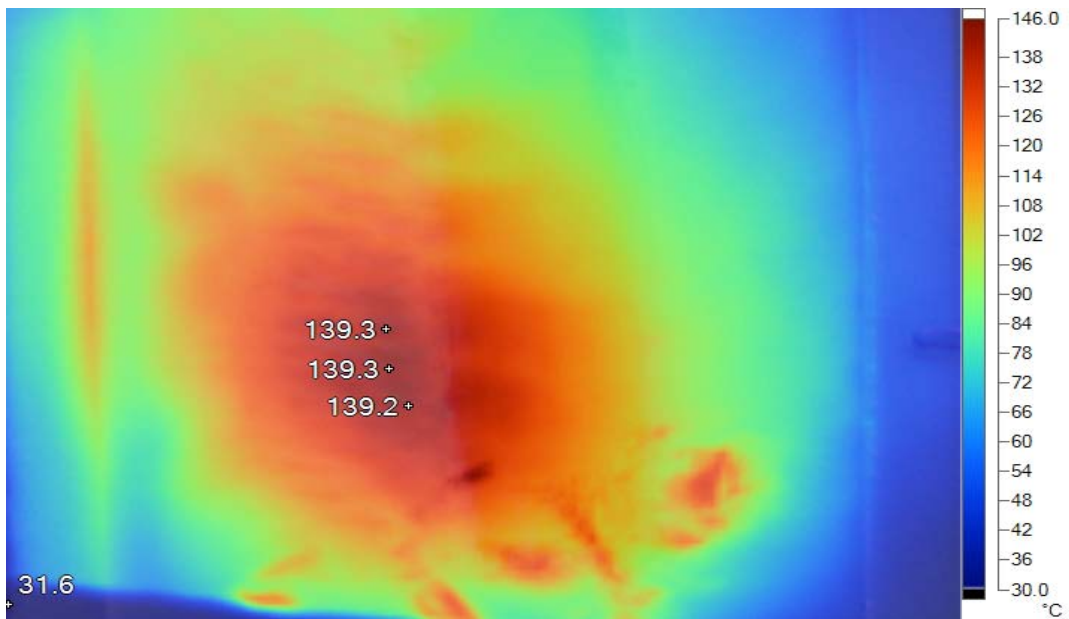
6.7 Painoväri C + kostutusvesi

Kuvasta 6.7 havaitaan, että lämpötilan noustessa yli 131 °C lämpö alkaa siirtyä painoväristä kostutusveteen.



Kuva 6.7 Painoväri C + kostutusvesi

Kuvasta 6.8 havaitaan, että lämpötilan saavuttaessa 139 °C on lämpö levinnyt molempiin komponentteihin.

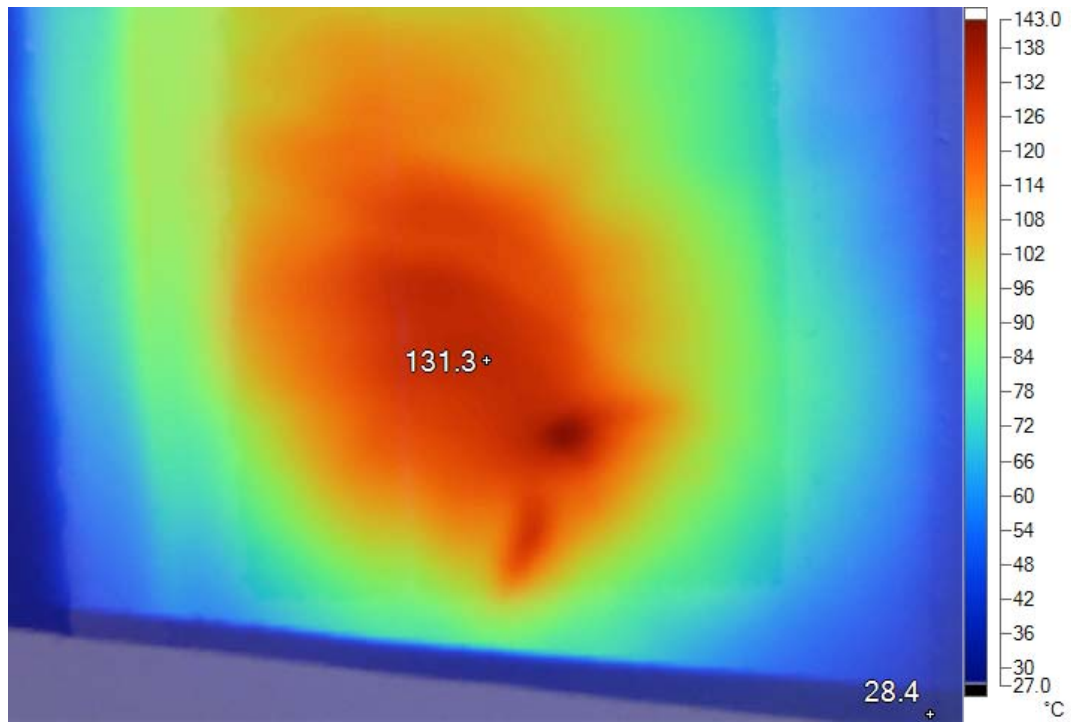


Kuva 6.8 Painoväri C + kostutusvesi

6.8 Kokeet painoväreillä A+ B+ C

Koe tehtiin laittamalla jokaista painoväriä samaan mittaukseen. Paperin pintaan siveltiin jokaista painoväriä 5 cm leveä raita. Järjestys painoväreillä oli vasemmalta lukien C – B – A .

Kuvan 6.9 piste osoittaa painoväri B:hen. Kuva on otettu lämpötilan kohdassa jossa lämpötila pysyi pidemmällä ajanjaksolla vakiona..



Kuva 6.9 Painoväri A+B+C

Kuvasta 6.9 havaitaan, että lämpötila pysyi noin 131 °C hetken, joka on kuvaajan 6.5 perusteella painoväriin B haihtumispiste.

7. YHTEENVETO

Painoväreistä oli tavoitteena saada selville yksilölliset haihtumislämpötilat. Arvion mukaan nämä lämpötilat olivat noin 120 – 150 °C.

Haihtumislämpötilojen tarkan selvittämisen ongelmaksi muodostui käytetty laitteisto. Kuumailmapuhallin pystyi lämmittämään vain osaa paperista kerrallaan, joka omalta osaltaan vaikeutti tarkkojen tuloksien saamista. Myöskin kokeessa käytetty vaa'an olisi pitänyt olla tarkempi, jotta kaikkiin mittauksiin olisi saatu täsmälleen sama määrä painoväriä. Vaikka koe tehtiin vetokaapissa painonvaihteluiden välttämiseksi, heittelehti paino silti, vaikka mittausta ei oltu edes aloitettu.

Kostutusvedellä tehdyistä kokeista havaittiin haihtumispisteen olevan luokkaa 140 – 150 °C. Lämpötila vaihteli riippuen käytetystä kostutusveden määrästä.

Kokeista painoväillä saatiin seuraavia tuloksia. Haihtumislämpötila painoväriille A: 151 °C, painoväriille B: 132 °C ja painoväriille C: 140 °C.

Kokeet kostutusvedellä ja painoväriillä antoivat tuloksia, joita yksittäisten painovärikokeitten perusteella voitiin olettaa. Painoväri lämpeni ennen kuin siirtyi kostutusveteen, tämä tapahtui eri järjestyksessä riippuen käytetystä painoväristä. Painoväri B lämpötila oli huomattavasti alhaisempi kuin muiden. A:n lämpötila oli korkeampi kuin muiden, vaikkakin A:n ja C:n välillä ei tässä kokeessa saatu toivottua eroa lämpökameran kuvien perusteella.

Alun suuri haihtumismäärä johtuu joko paperissa olevan veden haihtumisesta lämpötilan noustessa 100 °C, mutta on myöskin mahdollista, että puhaltimen käynnistyksen yhteydessä siitä aiheutuva ilmavirta heilautti paperia riittävästi saaden aikaan vaa'assa pienen muutoksen painossa.

Kokeet kostutusvedellä sekä yksittäin painoväreillä onnistuivat odotetusti. Kahdessa muussa kokeessa, joissa tuloksina käytettiin pelkästään lämpökameran kuvia, oli tulosten analysointi vaikeampaa.

KUVAT

Kuva 4.1 Musteen/päällysteen kupliminen, s.14

Kuva 4.2 Paperin kupliminen, s.15

Kuva 4.3 Mikroskooppikuva taittomurtumaluokasta 1, s.18

Kuva 4.4 Mikroskooppikuva taittomurtumaluokasta 2, s.18

Kuva 4.5 Mikroskooppikuva taittomurtumaluokasta 3, s.19

Kuva 6.1. Mittauslaitteisto, s.23

Kuva 6.2 Painoväri A + kostutusvesi, s.29

Kuva 6.3 Painoväri A + kostutusvesi, s.29

Kuva 6.4 Painoväri A + kostutusvesi, s.30

Kuva 6.5 Painoväri B + kostutusvesi, s.30

Kuva 6.6 Painoväri B + kostutusvesi, s.31

Kuva 6.7 Painoväri C + kostutusvesi, s.31

Kuva 6.8 Painoväri C + kostutusvesi, s.32

Kuva 6.9 Painoväri A+B+C, s.33

KUVAAJAT

Kuvaaja 6.1 Kostutusveden 16 g/m² lämpötila ja haihtumisnopeus ajan funktiona, s.24

Kuvaaja 6.2 Kostutusveden 32 g/m² lämpötila ja haihtumisnopeus ajan funktiona, s.25

Kuvaaja 6.3 Kostutusveden 48g/m² lämpötila ja haihtumisnopeus ajan funktiona, s.25

Kuvaaja 6.4 Painoväriin A lämpötila ja haihtumisnopeus ajan funktiona, s.26

Kuvaaja 6.5 Painoväriin B lämpötila ja haihtumisnopeus ajan funktiona, s.27

Kuvaaja 6.6 Painoväriin C lämpötila ja haihtumisnopeus ajan funktiona, s.28

TAULUKOT

Taulukko 5.1 Koesuunnitelma, s.22

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet

Anjala, J. 2009. Heatset offset –kuivatusprosessin hallinta ja kehitys. Teknillinen korkeakoulu. Kemian ja materiaalitieteiden tiedekunta. Diplomityö

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. Kemiallinen metsäteollisuus 2: Paperin ja kartongin valmistus. Helsinki Opetushallitus. 2003.

Enomae, T. & Lepoutre, P. Surface Roughening by water: gloss relaxation process. Journal of Pulp and Paper Science 23(1997)7, s. 1-7

Forseth, T. Wiik, K & Helle, T. 1997. Surface roughening mechanisms for printing paper containing mechanical pulp. Nordic Pulp and Paper Research Journal 1. 67-71

Holik, H. Handbook of paper and board. Weinheim DruckhausDiesbach GmbH. 2006.

Kulachenko, A. 2006. Mechanics of Paper Webs in Printing Press Applications. Stockholm Royal Institute of Technology. Sweden.

Lehtinen, E. 2000. Pigment Coating and Surface sizing of Paper. Jyväskylä. Gummerus

Nordström, J-E, P. Lindberg, S. & Lundström, A. 2002. Human perception and optical measurement of HSWO waviness. IPGAC (International Printing & Graphic Arts Conference) 1-8.

Paulapuro, H. 2000. Paper and Board Grades. Jyväskylä. Gummerus

Schwob, J, M. Guyot, C. & Richard, J. 1991. The effect of latex/polymer properties on blister resistance of coated papers. Tappi Journal, 65-71

Settlemyer, L. A. 1994. A new laboratory method for testing paper blister in web-offset lithography. Tappi Journal 78, 187-191

Viluksela, P., Ristimäki, S. & Spännäri, T. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Internet lähteet

Barbier, C. Folding of paper a litterature survey
http://www.t2f.nu/s2p2/s2p2_ms_1.pdf (Luettu 25.3.1010)

FPC. Forest Pilot Center Oy.
http://www.fpc.fi/uploads/files/Waving_eng.pdf (Luettu 22.3.2010)

DOW. Dow Paper and Carpet Latex
http://www.dow.com/emulpoly/paper/feature_research.htm (Luettu 15.3.2010)

Tekijää ei mainittu:

KCL Graafinen tekniikka –kurssi.1994.

Taulukko 1. Kostutusveden 16g/m² arvot kuivauksessa.

Aika / s	Lämpötila / °C	Painonmuutos g/m ² s
0	24,6	0,00
10	88,3	21,66
20	113,0	6,01
30	124,0	3,97
40	132,0	2,25
50	135,6	1,50
60	137,8	1,50
70	137,1	0,54
80	140,1	0,75

Taulukko 2. Kostutusveden 32g/m² arvot kuivauksessa.

Aika / s	Lämpötila / °C	Painonmuutos g/m ² s
0	24,6	0,00
10	78,8	27,67
20	121,5	7,40
30	134,0	6,01
40	139,7	3,97
50	142,4	2,90
60	143,1	1,29
70	143,9	0,97
80	145,3	0,64

Taulukko 3. Kostutusveden 48g/m² arvot kuivauksessa.

Aika / s	Lämpötila / °C	Painonmuutos g/m ² s
0	24,6	0
10	81,2	31,75
20	118,5	10,40
30	140,0	8,04
40	150,6	5,79
50	149,3	3,22
60	151,6	2,90
70	152,1	1,39
80	151,5	1,29
90	152,3	1,29

Taulukko 4. Painoväriin A mitatut arvot kuivauksessa

Aika / s	Lämpötila / °C	Painonmuutos g/m ² s
0	24,6	0,00
10	102,7	13,73
20	128,1	4,40
30	136,8	3,11
40	142,2	3,54
50	143,9	1,39
60	148,0	2,04
70	147,3	2,15
80	151,4	1,61
90	151,0	0,86
100	151,7	2,15
110	150,6	0,86

Taulukko 5. Painoväriin B mitatut arvot kuivauksessa

Aika, s	Lämpötila / °C	Painonmuutos g/m ² s
0	24,6	0,00
10	104,5	15,28
20	120,2	2,73
30	124,0	2,41
40	124,6	1,53
50	129,6	1,85
60	131,5	2,09
70	131,2	0,32
80	132,0	1,53
90	133,5	0,97
100	134,6	1,61

Taulukko 6. Painoväriin C mitatut arvot kuivauksessa

Aika, s	Lämpötila / °C	Painonmuutos g/m ² s
0	24,6	0,00
10	109,3	14,64
20	128,0	3,38
30	133,4	2,25
40	135,0	1,69
50	138,7	1,85
60	141,7	1,29
70	142,7	1,29
80	141,7	1,21
90	143,8	1,21